



합리적 문제해결을 저해하는 인지편향과 과학교육을 통한 탈인지편향 방법 탐색

하민수*

강원대학교

Exploring Cognitive Biases Limiting Rational Problem Solving and Debiasing Methods Using Science Education

Minsu Ha*

Kangwon National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 October 2016

Received in revised form

9 December 2016

20 December 2016

Accepted 21 December 2016

Keywords:

science education,
cognitive bias,
decision-making,
philosophy of science,
cognitive psychology

ABSTRACT

This study aims to explore cognitive biases relating the core competences of science and instructional strategy in reducing the level of cognitive biases. The literature review method was used to explore cognitive biases and science education experts discussed the relevance of cognitive biases to science education. Twenty nine cognitive biases were categorized into five groups (limiting rational causal inference, limiting diverse information search, limiting self-regulated learning, limiting self-directed decision making, and category-limited thinking). The cognitive biases in limiting rational causal inference group are teleological thinking, availability heuristic, illusory correlation, and clustering illusion. The cognitive biases in limiting diverse information search group are selective perception, experimenter bias, confirmation bias, mere thought effect, attentional bias, belief bias, pragmatic fallacy, functional fixedness, and framing effect. The cognitive biases in limiting self-regulated learning group are overconfidence bias, better-than-average bias, planning fallacy, fundamental attribution error, Dunning-Kruger effect, hindsight bias, and blind-spot bias. The cognitive biases in limiting self-directed decision-making group are acquiescence effect, bandwagon effect, group-think, appeal to authority bias, and information bias. Lastly, the cognitive biases in category-limited thinking group are psychological essentialism, stereotyping, anthropomorphism, and outgroup homogeneity bias. The instructional strategy to reduce the level of cognitive biases is disused based on the psychological characters of cognitive biases reviewed in this study and related science education methods.

1. 서론

2015년에 고시된 우리나라 교육과정의 총론을 보면 우리 교육과정이 증점적으로 기르고자 하는 핵심역량으로 자기 주도적인 자기 관리 능력, 합리적 문제해결을 위한 다양한 영역의 지식과 정보의 처리 및 활용, 융합과 창의적 사고, 심미적 감성, 경청과 존중의 의사소통능력, 공동체 역량이 제시되어 있다(Ministry of Education, 2015). 이 중에서 전통적으로 강조되어 온 역량이 자기 관리 기반의 자기 주도적 학습과 합리적 문제해결 능력, 그리고 융·복합 기반의 창의적 사고이다. 이들 핵심역량은 우리나라의 이전 교육과정에서도 강조했을 뿐만 아니라, 미국의 새 교육과정 표준안(NRC, 2012)과 같은 해외 교육과정도 강조하는 역량들이다. 효과적인 교육은 학생들이 교육을 통하여 자기 주도적 능력, 합리적 문제해결력 및 다양한 정보 처리 능력, 융합과 창의적 사고를 형성할 수 있도록 해 주어야 한다. 그래서 많은 교육학자들이 앞서 언급한 핵심역량을 키울 수 있는 다양한 프로그램을 개발하고 있다. 구성주의 이론에 근거하였을 때 학습에서 중요하게 고려해야 되는 것은 새로 배울 개념뿐만 아니라 기존에 우리가 가지고 있는 선개념이다. 마찬가지로 핵심역량 교육에서도 학생

들이 형성할 핵심역량뿐만 아니라 해당 역량을 학생들이 형성할 수 있는지 이해해야 된다. 그런 이해를 돕고자 이 연구에서는 ‘인지편향’이라는 개념에 주목하고자 한다.

‘인지편향’이라는 개념은 현대 심리학자들에 의하여 제시되었지만 근대철학에서도 확인할 수 있다. 근대과학혁명을 이끈 철학자 Francis Bacon은 저술 *Novum Organum*에서 우상(idol)에 대해 언급한다(Walton, 1999). 우상중에서 ‘종족의 우상’은 인간이 한번 믿게 될 경우 자신의 믿음에 일치하는 사실만 받아들이고, 그렇지 않은 경우 무시하는 경향성을 의미한다. 오래전 철학자들은 이와 같은 인간의 본성을 알고 있었으며, 그것이 합리적이고 논리적인 사고를 방해하고 있음을 이해하고 있었다. 자신의 신념에 부합하는 것들만 받아들여 고 하는 성향을 현대 심리학자들은 ‘확증편향’이라 하고 인지편향의 한 종류로 연구하고 있다. 다른 예로, 중세철학자인 아리스토텔레스는 사물의 움직임과 변화 등은 어떤 목적에 의하여 이루어진다고 주장하였다. 근대철학자들은 이와 같은 목적론적 설명이 논리적으로 부당하다고 하였다. 목적론적 설명이 등장한지 약 2000년이 지난 후에야 목적론적 설명이 근대철학자들에게서 거부되었다. 그리고 현재 인지심리학자들은 목적론이 인간의 인지에 생득적으로 내재된 하나

* 교신저자 : 하민수 (msha@kangwon.ac.kr)

** 이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2016S1A5A8017660)

http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2016.36.6.0935

의 사고의 방식이라고 주장하고, 인지편향의 대표적인 예로 들고 있다 (Opfer *et al.*, 2012). 확증편향, 목적론적 설명 등 학습의 결과가 아닌 인간이 생득적으로 가지고 있는 사고의 습관을 인지편향이라고 부르며, 현재까지 약 180여 가지가 넘는 인지편향들이 연구되어지고 있다.

인지편향은 생득적으로 형성되어 있는 인간의 사고 습관이며, 교정하지 않으면 평생 유지될 수 있는 편협한 사고이자, 합리적인 의사결정을 방해한다고 알려져 있다 (Haselton *et al.*, 2005). 주목할 점은 인지편향이 진화심리학적 형질로서 생득적으로 형성되어 있다는 점이다. 특별한 교정 과정이 없는 경우 평생 유지되는 사고 습관이며, 교정을 통하여 인지편향적 사고를 벗어나더라도 다시 원래의 인지편향적 사고로 쉽게 돌아갈 수 있다 (Lombrozo *et al.*, 2007). 인지편향이 많을 경우 동일한 과학적 정보를 접한다고 하더라도 편협한 방법을 통하여 선별적으로 수용하고, 끼워 맞추기식 사고를 하거나 비과학적인 인과율을 적용하는 등 문제해결을 비과학적으로 수행할 수 있다. 그에 따라 인지편향을 가진 개인은 합리적 사고 능력을 가진 개인에 비하여 문제 해결을 비정상적으로 수행할 가능성이 높게 된다 (Kahneman, 2013).

인지편향이라는 개념은 의사결정을 연구하는 심리학자들에 의하여 처음 도입되었다. 2002년 경제학에 심리학적 연구방법을 적용하여 불확실한 상황에서 인간의 판단과 의사결정 연구에 공헌을 하여 노벨 경제학상을 수상한 Daniel Kahneman이 Slovic P.와 Tversky, A.와 함께 불확실한 상황에서 인간의 의사결정에 큰 영향을 미치는 간편추론법 (Heuristics)과 편향 (Biases)에 대해서 다양한 실험적 증거들을 토대로 인지편향을 주장하였다. 그들은 인간이 복잡한 의사결정보다 경험에 근거한 그럴듯한 방법에 의존하는 경향이 강하다는 것을 증명하였다. 인지편향적인 사고가 나타나는 이유는 우리가 정보를 처리함에 있어서 합리적인 방법보다 빠른 방법을 선호하는 선천적 성향 때문이다 (Kahneman *et al.*, 1982). 또한 인간의 두뇌에서 처리할 수 있는 정보의 용량은 제한적이기 때문에 많은 정보를 한꺼번에 처리할 수 없으므로 의사결정에 필요한 소수의 정보만 선별적으로 처리하게 된다 (Simon, 1955). 인지편향적 문제해결은 빠르고 단순하기 때문에 의사결정에서 선호될 수 있다. 그와 반대인 느리지만 복잡한 문제를 해결할 수 있는 반성적인 사고는 과학적 문제해결을 촉진할 수 있고 합리적 의사결정을 하는데 큰 도움을 준다. 그럼에도 불구하고 인지 편향적 사고는 단순하여 인지부하가 크지 않기 때문에 빠른 추론이 가능하고, 정신적 활동을 줄여줌으로 다양한 생물학적 이점을 가진다. 원시시대와 같이 복잡한 사고를 요구하지 않는 시대의 경우 인지편향적 사고는 큰 문제점이 없었으나, 복잡한 사고를 요구하는 현대 사회에서 인지편향은 다양한 문제점을 만들어 내고 있다.

인지편향은 교정되기 힘들긴 하나, 통제가능하며 특별히 고안된 교육과 훈련을 통해 그 수준을 줄일 수 있음이 여러 연구에서 증명되고 있다 (Gigerenzer, 1996; Haselton *et al.*, 2005). 예를 들어, 합리적 의사결정을 수행할 경우 금전적인 보상을 하거나 동료 간 상호확인을 하도록 하는 프로그램을 수행한 결과 인지편향의 수준이 유의미하게 낮아짐이 확인되었다 (Tetlock, 1985; Vonk, 1999). 우리가 과학교육에서 인지편향을 주목해야 되는 이유는 최근의 과학교육에서 과학교육을 통하여 인지편향을 줄일 수 있음을 보고하고 있기 때문이다. 예를 들어서 진화개념, 유전개념 교육 등의 과학교육프로그램으로 인지편향을 유의미하게 줄일 수 있다는 보고가 최근 이어지고 있다 (Emmons & Kelemen, 2015). 선택형과 서술형 과학평가가 인지편향

의 한 유형인 과잉확신의 형성과 밀접한 관련이 있다는 연구도 있었다 (Ha & Lee, 2014). 진화 수용에 관한 의사결정에서 지식이 아닌 얽에 대한 주관적 느낌에 근거한다는 Ha *et al.* (2012)의 연구, 과학 오개념의 생성원인이 목적론, 의도, 본질주의의 인지편향이라는 Opfer *et al.* (2012)의 연구에서 인지편향이 과학교육과 밀접함을 보여 주고 있다. 이와 같은 선행연구들의 한결같은 논의는 인지편향을 교정하기 위한 전략으로 과학교육이 활용될 수 있다는 것이다. 마찬가지로 앞서 설명한 바와 같이 Bacon과 같은 과학적 사고의 발전과정은 인지편향을 극복하는 과정이었다 (Walton, 1999). 인지편향은 유아기에 발달심리학적으로 나타나기 시작하지만 사회적 활동을 통하여 강화되는 특성도 보고되고 있으므로 교정을 위한 가장 효율적인 방법은 성장기의 교육을 통해서 일 것이다 (Wang *et al.*, 2001). 최근 탈인지편향에 대한 훈련전략을 연구하는 Morewedge *et al.* (2015)의 연구 등의 주된 연구 대상은 직업인, 즉 성인이다. 하지만 인지편향이 강화된 성인보다는 상대적으로 사고의 유연성이 높은 초등학교생들과 중등학교생들을 대상으로 교육한다면 인지편향극복이라는 목표를 달성하는데 효과적일 수 있다.

이 연구에서는 과학교육과 관련된 인지편향의 요소들이 어떤 것이 있는지 조사하고 관련 연구들을 정리하는 것이다. 이 연구에서는 문헌 연구를 주된 연구 방법으로 하고 해당 인지편향이 어떻게 과학학습을 저해할 수 있는지 과학교육전문가와와의 토론의 결과를 함께 제시한다. 인지편향은 쉽게 변화되지 않는 인간 사고의 성향이다. 그러므로 단기로는 교정이 어려울 수밖에 없다. 인지편향을 교정하는 방법으로 과학교육이 중요하게 활용될 수 있다면 21세기 핵심역량을 갖춘 인재를 키우려는 우리나라 교육과정의 목표는 보다 수월하게 달성할 수 있을 것이다.

II. 연구 방법

과학교육과 관련된 인지편향을 찾아내고, 해당 인지편향과 관련된 연구와 탈인지편향에서 과학교육의 역할을 정리하기 위하여 이 연구에서는 전문가 협의와 문헌연구의 두 가지 연구 방법을 활용하였다. 먼저 지난 40여 년간 이루어진 인지편향의 연구들에서 과학교육과 관련된 인지편향을 찾아내는 과정은 연구진과 과학교육전문가 2인이 함께 협의를 통해 이루어졌다. 인지편향에 관한 연구는 주로 경제학과 심리학에서 연구된 분야이다. 다양한 경제학 관련 서적에서도 인지편향을 소개하고 있다. Kahneman과 같은 인지편향의 석학들의 서적 또한 다수 번역되어 있다. 이 연구에서는 우선 Wikipedia에서 인지 편향 170여 가지를 정리해 놓은 것과 그 외에 Google과 Google scholar, 국내 주요 검색 포털에서 cognitive bias, heuristic, cognitive constraint, cognitive default, 한국어로는 인지편향, 간편추론 등의 관련어를 토대로 검색하였다. 검색결과 약 180개의 인지편향이 그 동안 연구되어 온 것을 확인하였다.

180여개의 인지편향의 대부분은 경제학, 심리학 등의 연구들에서 확인된 것들이다. 이 중 일부의 인지편향들이 과학교육과 관련이 있을 것으로 판단되었다. 과학교육과 관련된 인지편향을 선별하기 위하여 정리된 180여개의 인지편향의 리스트를 토대로 본 저자와 과학교육전문가 2인과 함께 논의하였다. 첫 번째 과학교육전문가는 과학 학습 동기, 과학 탐구 학습, 학습 과학, 뇌 과학 등에 많은 연구를

수행한 경험이 있다. 두 번째 과학교육전문가는 과학 철학과 학생들의 사고 과정에 대한 연구를 수행한 학자로 현장과학교육 경력이 15년 이상이다. 본 저자는 인지편향과 관련이 높은 진화 오개념에 대한 연구를 수행하였고, 지식에 대한 과잉확신과 얽에 대한 확신이 의사결정에 미치는 영향과 관련된 연구를 수행한 경험이 있다.

과학교육과 관련된 인지편향을 선별하는 과정에서 중요하게 고려한 것은 해당 인지편향이 과학개념 또는 과학 탐구 학습에 장애 요인이 되는지, 해당 인지편향이 과학적 의사결정에 장애가 되는지, 과학교육으로 해당 인지편향을 교정할 수 있는지의 세 가지 기준이다. 과학 개념 학습이나 탐구 학습의 과학 교육에서 학습적 측면뿐만 아니라 과학적 의사결정 능력적 측면을 강조한 이유는 경제학과 심리학에서 인지편향에 관한 연구에서 의사결정과 관련된 연구가 중심적으로 이루어져왔기 때문이다. 또한 과학교육 역시 과학적 의사결정 능력을 중요한 핵심 역량으로 인정하고 있다. 선별 과정은 1차적으로 각 전문가가 독립적으로 수행하였고, 일치도를 확인한 후 일치도가 낮은 인지편향은 토의 과정을 통하여 최종 선별하였다. 과학교육과 관련된 인지편향을 선별하는 과정은 기계적인 분석이 아닌 전문가들의 논의 과정을 통한 과정을 중심으로 이루어졌다. 선별된 인지편향이 과학교육과 관련성이 높은지에 대한 타당도를 확인하기 위하여 4명의 과학교사들이 검토를 해주었다. 이와 같은 과정을 통하여 최종적으로 과학교육현장에서 중요하게 논의되어야 하는 29개의 인지편향이 선별되었다.

일차적으로 선별된 29개 인지편향은 다시 과학교육관련 핵심역량 별로 구분하여 분류하였다. 최종적으로 분류된 기준은 합리적 인과관계추론을 방해하는 인지편향, 다양한 정보와 결론 생성을 방해하는 인지편향, 자기반성적 학습을 방해하는 인지편향, 자기 주도적 의사결정을 방해하는 인지편향, 범주 제한적 사고를 조장하는 인지편향의 다섯 가지로 분류하였다.

두 번째 방법인 문헌연구를 통하여 최종적으로 분류된 인지편향의 특징을 조사하였다. 해당 인지편향과 관련된 탈인지편향 전략 역시 문헌 조사하였다. 문헌 조사는 과학교육과 관련된 인지편향 뿐만 아니라 과학사와 과학철학에 관한 문헌까지 확인하였다. 인지편향 관련된 경제학, 심리학, 과학철학에 관한 다양한 문헌 연구를 통하여 탈인지편향에 관한 전략을 확인하였다.

III. 연구 결과

약 180여 개의 인지편향에서 과학교육과 관련되었다고 판단되어 선별한 29개의 인지편향들이 Table 1에 제시되어 있다. Table 1에 제시된 인지편향들은 앞서 연구 방법에서 제시한 바와 같이 과학 학습을 방해하거나, 과학적 의사결정을 방해하거나, 과학 교육을 통하여 교정할 수 있는 것으로 판단되는 인지편향들이다. 선별된 29개의 인지편향들은 합리적 인과관계추론을 방해하는 인지편향, 다양한 정보와 결론 생성을 방해하는 인지편향, 자기반성적 학습을 방해하는 인지편향, 자기 주도적 의사결정을 방해하는 인지편향, 범주 제한적 사고를 조장하는 인지편향의 다섯 가지의 분류군으로 분류되어 제시되었다. 연구 결과에서는 문헌 연구를 통해 확인한 5가지 범주의 인지편향에 대한 문헌 연구 결과를 설명한다. 또한 6절과 7절에서는 인지편향을 줄일 수 있는 탈인지편향 전략에 대한 문헌 연구 결과와 과학

교육의 역할에 대해서 설명한다.

Table 1. Cognitive biases relating to science education

Problems due to cognitive biases	Cognitive biases
Limiting rational causal inference	<ul style="list-style-type: none"> • Teleological thinking • Availability heuristic • Illusory correlation • Clustering illusion
Limiting diverse information search	<ul style="list-style-type: none"> • Selective perception • Experimenter bias • Confirmation bias • Mere thought effect • Attentional bias • Belief bias • Pragmatic fallacy • Functional fixedness • Framing effect
Limiting self-regulated learning	<ul style="list-style-type: none"> • Overconfidence bias • Better-than-average bias • Planning fallacy • Fundamental attribution error • Dunning-Kruger effect • Hindsight bias • Blind-spot bias
Limiting self-directed decision making	<ul style="list-style-type: none"> • Acquiescence effect • Bandwagon effect • Group-think • Appeal to authority bias • Information bias
Category-limited thinking	<ul style="list-style-type: none"> • Psychological essentialism • Stereotyping • Anthropomorphism • Outgroup homogeneity bias)

1. 합리적 인과관계추론을 방해하는 인지편향

현상에 대한 원인은 추론하는 현시점을 기준으로 과거에 일어난 사건이다. 과거에 일어난 원인을 추측하는 것은 매우 어렵다. 예를 들어 창문이 깨진 것을 발견한다면 그 원인은 창문이 불량품일 수 있고, 새가 날아와서 부딪혔을 수도 있으며, 옆집 아이가 돌을 던졌을 수도 있다. 다양한 정보들을 고려해야만 합리적인 인과관계를 추론해 내고 진짜 원인을 찾아 낼 수 있다. 하지만 다양한 정보를 고려하기 위해서는 상당한 인지부하가 요구되기 때문에 인간은 보다 쉬운 형태의 설명을 만들어 내려고 한다. 합리적 인과관계를 추론하는데 방해하는 인지편향적 습성은 목적론적 설명, 가용성 편향(Availability heuristic), 착각적 상관(Illusory correlation), 클러스터 착각(Clustering illusion)이 있다.

목적론적 설명은 철학의 역사에서 매우 중요하다. 중세철학자인 아리스토텔레스는 세상에 존재하는 네 가지 원인을 제시하였는데, 그 중에서 목적인은 형상인, 질료인, 작용인과 함께 물체의 움직임을 설명하는데 중요한 요소였다(Gotthelf, 1976). 목적론은 중세 세계관의 핵심 원리였지만, 근대철학을 통해 발전한 수학적 지식과 과학적 이해를 통하여 폐기되었다. 중세에는 사물의 움직임의 원인으로 목적이 강조되었지만 수학과 과학의 발달로 인해 학자들은 물체가 자발적으로 운동하는 것은 불가능하다는 것을 알게 되었다. 대부분의 근대 철학자들은 목적론이 인과관계에 대한 이해를 방해한다고 믿고 있었

고 인과관계에 대한 추론이 철학의 핵심이라고 강조하였다. 목적이 원인이 될 수 없다는 것은 Hume이 제시한 인과성에 대한 분석에 기인한다. Hume은 인과가 성립하기 위해서는 시공간적 근접성과 함께, 결과에 대한 원인의 시간적 우선성을 강조하였다(Hodgson, 2004). 물론 시간적 우선성만으로 인과관계가 보장되는 것은 아니다. 인과관계가 성립하기 위해서 원인과 결과의 필연적인 결합이 반드시 필요하지만, 시간적 우선성은 인과성의 전제조건이다. 목적은 그 말에서도 알 수 있듯이, 현상이 있고 그 현상으로 인하여 발생할 수 있는 현상이다. 기린의 목이 긴 이유에 대하여 목적론적 설명은 “기린의 목이 긴 이유는 높은 곳의 나뭇잎을 따 먹기 위해서이다.”이다. 기린이 긴 목을 가진 사건과 높은 곳의 나뭇잎을 따 먹는 사건 두 가지 중에서 먼저 일어나야 되는 사건은 긴 목을 가지는 것이다. 그렇지 않고서 높은 곳의 나뭇잎을 따 먹지 못하기 때문이다. 그러므로 ‘높은 곳의 나뭇잎을 따 먹기 위해’라는 목적은 긴 목이라는 현상의 원인이 될 수 없는 것이다.

목적론적 설명이 가지는 문제점에 대한 과학교육학자들의 논의는 40여년이 넘었다. Jungwirth(1975)는 교사교육프로그램을 통하여 예비교사들이 목적론적 설명을 비판적으로 수용하기 힘들다고 하였다. Bartov(1978)은 물리와 화학의 경우 원인과 결과로 설명하는데 비하여 생물학의 경우 수단과 목적(means-end)의 관계로 설명하는 것이 흔하다고 하였다. 이와 같은 방식의 설명은 인간이 아닌 다른 생명체의 경우 적용되기 힘들어 지식의 유용성 측면에서도 좋지 않음 뿐만 아니라, 목적은 원인이 될 수 없다는 점에서도 바람직하지 못하다. Kelemen & DiYanni(2005)는 어린이들이 자연의 기원에 대해서 설명할 때 필요와 목적에 근거한 추론을 사용한다고 하였다. Kelemen & Rosset(2009)은 성인들에게서 나타나는 목적론적 사고가 저학년들에 비해 낮지 않음을 확인하였고, Kelemen *et al.*(2013)은 학력이 높은 물리과학자들에서도 목적론적 사고가 흔하다고 보고하였다. Kelemen *et al.*(2005)의 연구에서는 목적론적 사고가 부모와의 대화를 통하여 학생들에게 전달되고 있음도 확인되었다. Opfer *et al.*(2012)은 목적론적 사고를 인지편향이라 하면서 과학적 진화개념과 대립되어 있음을 통계적으로 확인하였다. Sinatra *et al.*(2008)은 진화교육을 통하여 학생들의 인지편향의 수준이 낮아질 수 있음을 확인하였다. Lombrozo *et al.*(2007)은 뇌질환인 알츠하이머 환자들을 종단으로 관찰하면서 뇌의 기능이 현저히 줄어들면서 목적론적 사고가 더 늘어나는 것을 확인하였다. 이 연구를 통해 그들은 목적론적 사고와 같은 인지편향이 신경생물학적으로 설명될 수 있다고 주장하였다. 인지심리학 분야뿐만 아니라 과학교육에서는 목적론에 대한 평장히 많은 연구들이 이루어져왔으며(Ware & Gelman, 2014 참조), 목적론에 대한 한결같은 논의는 Kelemen(2012)이 논의한 바와 같이 인간이 가지고 있는 강력한 인지편향이라는 것이다.

목적론적 설명이 흔하게 나타나는 이유는 두 번째 인지편향인 가용성 편향(Availability heuristic)과 관련이 있다(Tversky & Kahneman, 1973). 가용성 편향이란 의사결정이나 문제를 해결할 때 가장 많이 또는 빠르게 생각나는 것을 토대로 의사결정을 해버리는 습관을 말한다(Schwarz *et al.*, 1991; Tversky & Kahneman, 1973). Tversky & Kahneman(1973)가 수행한 실험에서 알파벳 k가 첫 번째 나타나는 단어와 세 번째 나타나는 단어 중 어느 것이 더 많은지에 대한 물음에 대부분의 사람들은 첫 번째 나타나는 것이 더 많다고 하였다. 실제로

는 세 번째에 k가 나타나는 단어가 더 많음에도 불구하고 사람들이 그렇게 생각하는 것은 사람들이 순간적으로 첫 번째 알파벳 k가 나타나는 단어들을 더 많이 생각해 냈기 때문이다. Schwarz *et al.*(1991)는 순간적으로 많이 떠오르는 것뿐만 아니라 보다 쉽게 떠오르는 생각에 집중한다고 하였다. 다양한 생각들이 있다고 하였을 때 가장 빨리 떠오르는 것을 바탕으로 문제해결을 하는 것이다. Vaughn(1999)은 잘 모르거나 확신이 없는 경우 가용성 편향이 더욱 두드러지게 나타난다고 하였다. 앞서 설명한 바와 같이 인과관계 추론에서 원인은 과거에 있었던 일이므로 관찰이 아닌 추측으로만 생각해 내야 된다. 그 과정이 불확실할 경우 여러 가지 과거 경험들을 통하여 인과관계를 유추해 낸다. 그 과정에서 가용성 편향이 나타나는 것이다. 또한 그 과정에서 진화적 설명과 같은 복잡한 과학적 사고보다 목적론적 설명과 같은 인지부하가 적은 설명 모델이 문제 해결에 먼저 활용되는 것이다.

세 번째로 클러스터 착각(Clustering illusion)은 무작위적으로 일어나는 일에도 어떤 경향성이 있을 것이라고 믿는 성향을 말한다. 이와 같은 인지편향이 생물학의 유전개념에서도 나타나는데, 학생들은 돌연변이가 무작위적으로 일어남에도 어떤 필요에 의하여 발생한다고 믿는다(Nehm & Ha, 2011). 이와 같은 오개념에 의하여 Kampourakis *et al.*(2012)는 필요 없지만 생겨난 다양한 유전 형질들이 중요한 인지 갈등 요소가 된다고 하였다. 클러스터 착각과 비슷한 인지편향이 네 번째 인지편향인 착각적 상관(illusory correlation)이다. 인과나 상관관계가 명확하지 않은 관계임에도 어떤 관계든지 만들어 내려고 하는 성향이 착각적 상관이다. 착각적 상관의 대표적인 예가 징크스이다. 인과관계가 명확하지 않음에도 관련성이 있다고 믿는 것이다. 이와 같은 인지편향에 의하여 인과관계나 상관관계 추론이 어렵게 된다(Chapman & Chapman, 1969; Hamilton & Gifford, 1976). 두 사건의 상관관계를 만들 때 사람들은 대부분 경험적 지식에 의존한다. Kahneman(2013)은 인간은 빠르게 일부 정황들을 활용하여 인과관계에 관한 추론을 만들어 낸다고 하였다. 그가 책 *Thinking, Fast and Slow*에서 든 예를 살펴보자. “제인은 뉴욕의 봄비는 거리에서 아름다운 광경을 관람한 후 지갑을 잃어버린 것을 발견하였다.”에서 대부분의 사람은 지갑을 잃어버린 이유로 소매치기를 생각한다. 그 이유는 이야기에서 뉴욕, 봄비는 거리, 잃어버린 지갑이 우리가 가지고 있는 소매치기라는 인상과 연합되어 있기 때문이다. 물론 소매치기도 여러 원인 중 하나일 수 있지만 이와 같은 현상 때문에 우리가 다양한 원인을 생각하지 못하게 된다. 또한 Kahneman의 책에서도 언급한 바와 같이 이와 같은 착각은 대부분 우리의 반복된 경험에서 오는 지식에서 발생한다. 앞서 설명한 기린의 목의 진화를 다시 예로 들어보자. 흔히 우리는 기린의 목이 높은 곳의 나뭇잎을 따 먹는데 유리하기 때문에 긴 목이 자연선택 되었다고 생각한다. 하지만 다른 견해도 있다. 기린의 목의 진화는 성선택의 결과이며, 암컷을 두고 수컷과의 싸움에서 긴 목의 이점으로 인하여 긴 목의 기린으로 진화했다는 가설이다(Simmons & Altwegg, 2010). 그렇다면 우리는 왜 높은 곳의 나뭇잎만 생각하는가? Kahneman의 설명을 빌리자면 우리가 높은 곳을 보기 위해서 목을 빼는 행동은 해도 목을 가지고 다른 사람과 싸울 일은 없기 때문이었다. 어렵지 않게 생각해 낼 수 있는 가설은 우리가 평소 생각하는 것들에서 착안하기 때문에, 이런 사고의 제한은 합리적 인과관계 추론을 방해하고 있는 것이다.

2. 다양한 정보 탐색을 방해하는 인지편향

이 절에서는 다양한 정보 탐색을 방해하는 인지편향인 선택적 지각, 실험자 편향, 확증편향, 단순 사고 효과, 주의 편향, 신념편향, 실용 오류, 기능적 고착, 틀 효과에 대해서 논의한다. 가설을 바탕으로 변인들을 조작하여 실험을 수행하고 가설의 기각 유무를 확인하는 가설-연역적 방법의 탐구에서 실험자의 가장 큰 관심은 자신이 생성한 가설이 타당한지 확인하는 것이다. 이와 같은 과정에서 과연 실험자는 객관적이고 타당하게 탐구를 수행할 수 있을까? 관찰의 이론 의존성이라는 말에서 확인할 수 있듯이 실험자는 자신이 알고 있는 이론뿐만 아니라 다양한 요소들에 의하여 편향되게 된다. 자신이 생성한 가설을 중심으로 관찰을 하게 될 것이기 때문에 실험과정에서 발생하는 다양한 정보들을 찾아내지 못하는 것이다. 이 절에서 소개하는 첫 번째 인지편향인 선택적 지각(selective perception)은 개인이 가지고 있는 선입견(또는 선개념)에 맞는 정보들만 선택적으로 지각하려 하는 인간의 편향을 보여준다(Lavie *et al.*, 2004). Lavie *et al.*(2004)은 선택적 지각이 나타나는 이유를 인지부하이론으로 설명하고 있다. 관찰을 하거나 실험을 할 때 다양하고 방대한 정보를 처리해야 되고, 인지적인 한계의 제한으로 인하여 모든 것을 처리할 수 없을 때 우리가 관심을 가지는 것 중심으로 처리할 수밖에 없다. 비슷한 기작으로 발생하는 유사한 인지편향이 두 번째인 실험자 편향(Experimenter bias)이다(Barber *et al.*, 1969). 실험자가 기대하는 것 중심으로 결과를 생성하는 것이다. 또한 실험자는 자신의 생각이 맞음을 기대하고 그에 관한 정보에만 더 집중할 수밖에 없다.

세 번째 인지편향인 확증편향(confirmation bias) 역시 위와 비슷한 인지편향이다. 어떤 사건을 관찰하고 자신이 생각한 적절한 설명을 지지하는 증거 중심으로 수집하는 것이다. 확증편향이 강할 경우 다양한 정보 수집을 방해한다(Jonas *et al.*, 2001). 확증편향의 영향으로 초기 중요한 정보를 놓칠 경우 문제해결이 전혀 다른 방향으로 진행될 수 있고 경우에 따라서 실패하게 된다. McKenzie(2006)은 소재가 친숙할수록 확증편향이 강하다고 하였다. 우리가 많이 알고 있다고 느끼는 영역에 대해서 확증편향이 강하고 다양한 증거를 수집하지 못하는 것이다. Rassin *et al.*(2010)과 O'Brien는 (2009)은 범죄조사에서 정해진 결론을 지지하는 증거의 선택적 수집을 하는 경향을 확인하였고, Wheeler & Arunachalam(2008)는 세금 전문가의 정보 탐색에서도 확증편향이 많이 나타난다고 하였다. Marsh & Hanlon (2007)는 동물행동학자들의 연구에서도 원하는 증거만 수집하는 경향이 나타나고, Pines(2006)는 응급의료의 의사결정에서도 확증편향이 나타난다고 하였다. 주로 확증편향은 증거 기반의 문제해결 중심의 학문영역에서 나타나는 것으로 알려져 있다. 따라서 증거기반의 문제해결과 논증 중심의 과학교육은 확증편향을 줄이는데 중요한 학습이 될 수 있는 것이다. 확증편향을 줄일 수 있는 방법에 대한 연구도 진행되었는데, Hernandez & Preston(2013)는 원하는 정보를 연속적으로 보여주지 않고 끊어서 제공하면 확증편향을 유의미하게 줄일 수 있음을 보고하였다. Schwind *et al.*(2012)는 정보검색에서 검색자가 원하지 않는 것들을 제공해주는 방법을 통해서 확증편향을 유의미하게 줄일 수 있음을 확인하였다. 자신이 원하는 정보가 지속적으로 제공될 때 자신이 문제해결에 대한 자신감이 높아지고 확증편향은 강화되는 것이다. 따라서 예상하지 못하는 상황이 많이 발생하는 열린 형태의

탐구수업은 확증편향을 줄이는데 유용할 수 있다.

선택적 지각이나 확증편향과 같이 다양하게 정보를 취득하기가 어려운 이유는 인간이 단순한 사고를 선호하기 때문이다. 이와 같은 것을 네 번째 인지편향인 단순 사고 효과(mere thought effect)라고 한다(Clarkson *et al.*, 2011; Tesser, 1978). 일반적인 의사결정은 두 가지 이상의 상황을 고려해야 된다. 예를 들어서 연꽃을 호수에 도입해야 되는지에 관한 문제에서 연꽃이 가지는 생태적 또는 경제적 장점도 있었지만 단점도 분명히 존재할 것이다. 두 가지 모두를 고려해야 함에도 일반적으로는 한 면만 보는 성향을 가진다. 이와 비슷한 인지편향이 다섯 번째인 주의 편향(attentional bias)이다(Van Bockstaele *et al.*, 2014). 관심을 가지고 있는 특정 대상이나 속성에 더 많은 관심을 줌으로서 다른 부분에 대해서는 무시하는 성향을 말한다.

과학은 합리적이고 논리적인 과정을 통해서 지식을 생성한다. 비논리적인 과정을 통하여 생성된 과학적 지식은 합당할 수 없다. 이와 같은 과정에서 인간의 합리적인 문제해결을 방해하는 것이 여섯 번째인 신념편향(belief bias)이다(Evans & Curtis-Holmes, 2005). 증거를 통하여 논리적인 추론 과정을 통하여 지식을 생성해야 됨에도 최종적인 지식이 자신의 신념과 일치한다고 논리적 과정을 생략해 버리는 성향을 의미한다(Markovits & Nantel, 1989; Sá *et al.*, 1999). 이와 같은 인지편향은 비판적인 사고 자체를 막아버린다. 결국 자신이 원하는 명제만 생성해 낼 수 있다면 논리적 과정은 무시되어도 상관없다는 것이다. 이와 비슷한 인지편향이 일곱 번째인 실용 오류(pragmatic fallacy)이다(Walton, 1994). 어떤 명제가 유용하게 사용된다고 하여 명제가 생성된 과정이나 그 안에 내재된 원리가 타당한지에 대해서 관심을 두지 않는 성향을 의미한다. 이 인지편향도 신념편향과 마찬가지로 결과가 좋으면 다 좋다는 인간의 성향을 보여준다.

우리가 다양한 생각을 쉽게 하지 못하는 그 이유에 대한 인지편향은 여덟 번째인 기능적 고착(functional fixedness)과 아홉 번째인 틀 효과(framing effect)에서도 확인할 수 있다. 기능적 고착이란 창의적 사고와도 관련이 높은데, 어떤 물건이나 단어가 가장 많이 쓰이는 용도로만 인식하는 성향을 의미한다. 예를 들어서 상자는 물건을 담을 때에도 사용되지만 물건을 덮을 때에도 사용될 수 있다. Chi(2006)은 사물에 대해 친숙할수록 기능적 고착이 강화된다고 하였다. 사물에 대해 익숙할 경우 그 사물이 가지는 속성 안에서만 사고가 이루어지는 것이다. 틀 효과(framing effect)의 경우도 마찬가지이다. Tversky & Kahneman(1985)은 같은 정보임에도 어떤 틀에서 정보를 제공하느냐에 따라 사람들의 인식이 달라진다고 하였다. 예를 들어서 어떤 항암제가 10명 중에 6명을 살렸다고 할 때, '6명을 살린 항암제'로 규정하거나, '4명이나 죽인 항암제'로 규정할 때 그 항암제에 대한 인식이 달라진다는 것이다. 이와 같은 기능적 고착이나 틀 효과들은 인간의 사고의 범위를 좁혀서 다양한 정보 탐색을 방해하는 주요 인지편향이다.

3. 자기반성적 학습을 방해하는 인지편향

이 절에서는 자기반성적 학습을 방해하는 인지편향에 대해서 설명한다. 자기반성적 학습을 방해하는 인지편향은 과도한 자신감 편향, 우월성 편향, 계획 오류, 기본적 귀인 오류, 더닝-크루거 효과, 사후확신편향, 맹점편향이 있다. 자기 주도적 학습을 위해서 학습자는 자신

의 현재 상태를 객관적으로 이해하고 스스로 조절할 수 있어야 된다. 메타인지는 자기 조절적 학습의 핵심요소인데(Schraw *et al.*, 2006), 이 능력은 다양한 인지편향으로 인하여 쉽게 획득되지 않는다. 첫 번째 인지편향인 지나친 자신감 편향(overconfidence bias)은 자신의 능력을 객관적으로 이해하지 못하는 원인 중 하나이다(Winman *et al.*, 2004). 지나친 자신감 편향은 주식과 금융투자자와 같은 경제학에서 주로 연구되어 오다 최근에는 안전 불감증의 원인이 지나친 자신감 편향인 것으로 알려져 활발히 연구되고 있다. 예를 들어 Cooper(2003)는 안전관리에 미흡한 근로자의 특징으로 위험에 대처하는 자신의 능력을 과잉 확신하여 위험이 발생하지 않을 것이라 믿고 있음을 확인하였다. Berner & Graber(2008)는 의료진에 의해서 발생하는 대부분의 실수는 의료진의 과잉 확신에서 기인한다고 주장하였다. 지나친 자신감 편향을 줄이기 위한 프로그램도 개발되고 있는데, Garrett & Teizer(2009)는 건설, 광산업, 원자력발전 등과 같은 대형 건축물에서 발생하는 위험들의 근본적인 원인 중 80%는 과잉확신에서 근거함을 강조하고, 그 해결책으로 인간실수자각훈련(human error awareness training)을 통하여 지나친 자신감 편향을 줄일 수 있다고 하였다. 과학 교육에서도 최근 지나친 자신감 편향과 관련된 연구가 있었다. Ha & Lee(2014)는 정답이 아님에도 불구하고 정답이라고 믿는 비율이 서술형에 비하여 선택형에 더 많이 나타나는 것을 광합성 개념 검사 도구를 활용하여 확인하였다. 선택형에서의 문제해결 과정 중 정답을 선택하고 그것이 정답일 것이라 정당화 하는 과정에서 과잉확신이 발생할 수 있다는 것이다. Ha *et al.*(2012)은 진화론을 수용하는 것이 자신이 알고 있는 지식의 수준에 의하여 결정되는 것이 아니라 자신이 얼마나 알고 있는지에 대한 확신의 수준에 의하여 결정된다는 것을 확인하였다.

과잉확신과 유사한 인지편향이 두 번째 인지편향인 우월성 편향(better-than-average bias)과 세 번째 인지편향인 계획 오류(planning fallacy)이다. 우월성 편향은 일반적인 사람의 경우 자신의 능력이 평균 이상이라 믿는 성향을 의미한다(Alicke *et al.*, 1995). 계획 오류는 계획을 세울 때 실제 소요되는 시간에 비하여 더 적은 시간에 일을 마칠 수 있을 것이라 계획하는 성향을 의미한다. 계획오류가 발생하는 이유는 문제가 해결되는 과정에서 발생하는 다양한 요소들을 면밀하게 고려하지 않기 때문이다. 예를 들어서 Buehler *et al.*(1994)는 졸업논문 작성에 관한 학생들의 계획을 조사한 결과 학생들은 평균 33일이라 하였지만 실제로는 평균 55일이 소요되었다.

지나친 자신감, 우월성 편향, 계획 오류는 자신의 현재 상황을 객관적으로 판단하지 못하여 자기 주도적 학습을 방해하는 주요 원인이다. 이와 같은 편향은 문제 인식 자체를 방해하지만 문제를 인식하더라도 그 원인을 자신이 아닌 다른 곳으로 돌리는 인지편향이 있다. 네 번째 인지편향인 기본적 귀인 오류(fundamental attribution error)는 다른 사람의 문제점을 판단할 때는 그 원인을 다른 사람의 능력과 같은 내부에서 찾으려 하나 자신의 문제점을 판단할 때는 그 원인을 자신이 아닌 상황이나 환경과 같은 외부에서 찾으려고 하는 성향이다(Forgas, 1998). 예를 들어서 다른 사람이 과학문제를 해결하지 못할 경우 그 사람이 개념의 이해가 부족하다고 판단하나 자신이 문제를 해결하지 못할 경우 문제가 이상하다고 이해하는 것이다.

과잉확신 등과 같은 인지편향은 실력이 낮은 사람에게서 더 많이 나타난다. 이것과 관련된 편향이 다섯 번째인 더닝-크루거 효과

(Dunning-Kruger effect)이다(Schlösser *et al.*, 2013). 능력이 부족하면 자신을 합리적으로 평가할 수 있는 능력도 부족하고 따라서 더 많은 실수를 만들어 내는 것이다. 또한 판단 능력의 결여는 자신이 실수를 하였는지조차 인지하지 못한다. 여섯 번째 인지편향인 편향 맹점(blind-spot bias)도 자기 반성적 학습을 방해한다(Pronin *et al.*, 2002). 편향맹점은 다른 사람의 논리는 편향적이라고 생각하면서 자신이 하는 비합리적 판단은 편향이 아니라고 생각하는 것이다. 자신의 문제점에 대해서 자신은 잘 모르는 것이다. 마지막으로 자기 주도적 학습을 방해하는 인지편향은 사후확신편향(hindsight bias)이다(Fischhoff & Beyth, 1975). 자신이 틀렸다는 것을 정답을 보고 알았을 때 마치 처음부터 그것이 정답이었음을 짐작했다고 느끼는 것이다. 틀렸다는 것을 인지하고 난 뒤에 반성을 하는 것이 아닌 오히려 원래 알았던 것처럼 느낌으로서 반성적인 학습이 방해되는 것이다. 사후확신편향을 줄이기 위한 방법은 과잉확신을 줄이는 방법과 동일하다. Koriat *et al.*(1980)은 학생들에게 정답을 고르게 하고 그것이 정답임을 확신하는 이유를 적게 하였다. 자신의 답이 오답임을 확인한 이후 사후확신편향이 줄어드는 것을 확인하였다. 사후확신편향이 발생하는 이유는 문제를 해결할 당시에 자신이 답이라 생각한 이유를 사후에 기억하지 못하기 때문이다. 따라서 문제 해결 과정에서 정답이라 생각하는 이유를 적게 하면 자신의 답이 틀렸음을 알게 되었을 때 원래 몰랐음을 인지할 수 있는 것이다. 이와 같은 방법은 Kim(2009)의 연구에서와 같이 오답을 선택하고 자기 평가를 유도함으로써 학습을 신장시키는 방법이 타당함을 보여준다.

4. 자기주도적 의사결정을 방해하는 인지편향

이 절에서는 자기 주도적 의사결정을 방해하는 인지편향인 동조효과, 편승효과, 집단사고, 권위에 호소, 정보편향에 대해서 설명한다. 의사결정, 논증이 과학교육의 주요 주제가 되면서 자신의 주장을 생성하는 능력이 강조되고 있다. 자기 주도적으로 주장을 생성해 내는 능력은 과학적 지식의 이해나 지식 생성과 더불어 중요한 핵심역량이다. 하지만 우리는 자기 주도적인 주장을 생성해 내지 못하는 성향을 가지고 있다. 그것은 우리가 집단의 생각에 의존하고, 권위가 있는 주장을 수용하려는 태도가 강하고, 불필요한 정보에 대하여 집착하기 때문이다. 첫 번째 인지편향인 동조효과(acquiescence effect)는 질문하는 사람에 대해서 긍정의 대답을 하려는 성향이다(Meisenberg & Williams, 2008). 질문에 대한 자신의 대답을 찾기 보다는 질문하는 상대방의 의견에 동조하고자 하는 것이다. 수업에 대한 이해가 잘 되는지, 또는 잘 되지 않는지 어떤 것을 물어도 상대방이 원하는 대답을 해주는 것이다. 갈등을 줄이고자 하는 인간의 의도가 반영되는 것이다. 이와 같은 동조효과는 교육수준이나 지능이 낮을수록 강하다고 알려져 있다(Meisenberg & Williams, 2008).

두 번째 인지편향인 편승효과(bandwagon effect)는 자신의 주관적인 의사결정보다 다수의 의견에 그냥 따라가려고 하는 인지편향이다(Nadeau *et al.*, 1993). 이와 관련된 다른 인지편향은 집단사고(group think)이다(Janis, 1971). 인간은 본연적으로 집단 내의 갈등을 최소화하기 위하여 만장일치로 결정하려고 하고 비판을 삼가려고 하는 성향이 있다는 것이다. 근원적으로 갈등이란 논쟁을 일으키고 논쟁은 인지적인 요구가 상당하기 때문이다. 동조효과, 편승효과, 집단사고의 인지

편향들은 우리가 쟁점에 관한 과학교육에서 학생들이 자기 주도적인 주장을 형성하는 것이 얼마나 어려운지를 보여준다. 특히 성취도 수준이 낮은 학생들은 그와 같은 과정이 더 어려울 것이고 그것은 단순히 논증에 관한 지식이나 의지의 부족이 아닌 이와 같은 인지편향에 기인하는 것이다.

자기 주도적으로 주장을 생성하지 못하기 때문에 주로 권위 있는 주장을 그대로 수용한다. 네 번째 인지편향인 권위에 호소하는 성향(appeal to authority bias)은 권위가 있는 주장에 대해서 무비판적으로 수용하려는 인간의 본성이다(Goodwin, 2011). 아마도 학생들은 과학책에 있는 내용들을 맹신하거나, 교사와 같은 권위가 있는 사람들에 대해서 의심하지 않고 그들의 주장을 그대로 따라하는 경향이 있을 수 있다. 또는 자신의 주장이 아닌 매체에서 이야기 한 것을 자신의 주장인 양 논증에 참여하는 것이다. 특히 이와 같은 외부 정보에 대해서 무비판적인 것은 정보편향(information bias)에서도 나타난다(Ajzen *et al.*, 1996). 사람들은 정보가 많으면 더 좋은 판단을 내릴 수 있을 것이라고 믿는다. 그래서 때로는 불필요한 정보라도 그 가치를 높게 생각하는 성향이 있고, 문제해결보다 정보 수집에 더욱 열중하여 효율적으로 문제해결을 못하게 되는 것이다.

5. 범주 제한적 사고를 조장하는 인지편향

이 절에서는 범주 제한적 사고를 조장하는 인지편향인 심리학적 본질주의, 고정관념, 의인화, 외집단 동질성 편향에 대해서 설명하고자 한다. 인간은 자신이 추론한 사물의 본질적인 속성을 근거로 집단으로 구분하여 인지구조에 저장하고, 구분된 집단 내의 개체들은 전부 동일하다고 믿는 성향이 있는데, 이와 같은 사고방식을 ‘심리학적 본질주의’라고 한다(Gelman, 2004). 예를 들어서 ‘토끼’에 대해서 ‘귀가 긴 귀여운 동물’이라는 것을 토끼의 본질로 규정하면 귀가 짧은 동물이나 징그럽게 생긴 토끼의 경우 토끼라고 믿지 않는 것이다. 이와 같은 생각을 본질주의라고 하며 인지심리학과 과학교육에서 큰 관심을 가지고 있다. Opfer *et al.*(2012)는 본질주의를 진화개념의 유전적 다양성의 이해를 방해하는 인지편향이라고 하였다. Opfer *et al.*(2012)는 진화 현상에 관한 학생들의 응답에서 하나의 개체에서 우연적으로 유전적 변이가 생기는 것이 아니라 집단이 동시다발적으로 유전적 변이가 생기는 것으로 설명하거나, 모든 집단이 동시에 점진적으로 진화한다고 믿는 것을 본질주의의 영향이라 하였다.

본질주의는 두 번째 인지편향인 고정관념의 인지편향(Stereotypical bias)과도 밀접하다(Amodio & Devine, 2006). 본질주의와 고정관념에 대한 최근의 연구는 사회과학에서 보다 활발하다. 남녀 차별에 관한 인식 연구에서도 본질주의와 고정관념에 관한 인지편향이 주된 원인으로 제시되는데, 예를 들어 인간을 남성과 여성으로 구분하였을 때 남성이 가지는 속성은 모든 남성 개체들에게 동일하게 적용될 것이라는 믿음이 있다. 그래서 남성중에도 힘이 약한 사람이 있음에도 불구하고, “남자인데 왜 약하니?”라는 편견은 고정관념에 기인한다. 이와 같은 사회적 편견(흑인에 대한 편견, 여성에 대한 편견, 성소수자에 대한 편견)은 ‘심리학적 본질주의’와 고정관념의 예로 알려져 있다(Haslam *et al.*, 2000). Gelman의 유아기의 사고 연구를 통하여 본질주의의 인지심리학적 원리를 확인하였다(Gelman, 2004). Leyens *et al.*(2001)는 본질주의적 사고가 집단내와 집단외 사람을 대할 때의

다른 태도를 가지는 것의 원인이라 하였으며, Leyens *et al.*(2003), Pehrson *et al.*(2009), Mahalingam & Leu (2005) 감정적인 편견과 그에 따른 국가주의, 타민족의 이주를 거부하는 원인이 본질주의적 사고라 하였다. 학문분야를 구분할 때도 학문 분야별로 공통된 속성을 바탕으로 그 경계를 명확하게 한 뒤 학문별 고정관념을 가지고 다른 분야와의 융합을 부정적으로 생각하는 것도 심리학적 본질주의의 영향이다(Khalidi, 2013).

본질주의는 다양한 사회적 문제(차별, 국가주의 등)를 야기하고 있기 때문에 본질주의와 고정관념 인지편향에 대한 해결책을 찾고자 노력하고 있다. 그리고 그 해결책을 과학교육에서 찾고자 심리학자와 교육학자들이 노력하고 있다. 그 이유는 앞서 Opfer *et al.*(2012)에서 논의한 바와 같이 본질주의를 극복하기 위해서는 집단 내 변이에 대한 이해가 필요하기 때문이다. Emmons & Kelemen(2015)은 5~8세 어린이들을 대상으로 몇 가지 실험연구를 통하여 집단 내 변이에 대한 이해를 높임으로써 본질주의 편향이 어떻게 줄어드는지 확인하였다. 어린이들이 근본적으로 집단 내 변이를 거부하지 않음과 특별한 상황이 제시될 때 집단 내 변이를 인정함을 확인하였다. 집단 내 변이에 대한 이해가 높아짐으로써 본질주의 편향은 극복될 수 있다. 이보다 앞서 Shulman & Schulz(2008)는 어린이뿐만 아니라 어른에서도 본질주의적 성향이 진화개념(자연선택기반의 설명)의 형성을 방해하는 요인으로 작용한다고 하였으며, Opfer *et al.*(2012)은 자연선택개념의 세 가지 핵심 개념인 변이, 유전성, 차별적 생식/생존 개념과 본질주의 편향이 부적 상관을 보임을 확인하였다. 이와 같은 연구 결과들을 근거로 변이에 관한 유전학과 진화 개념을 활용하여 본질주의와 고정관념적 성향을 변화시킬 수 있는 교육 프로그램이 개발될 수 있다. 예를 들어서 귀가 짧은 토끼와 귀가 긴 쥐를 보여주고 어느 것이 토끼이고 어느 것이 쥐인지 구분하라고 했을 때 학생들은 상당한 갈등을 가질 것이다. 이와 같은 과정에서 편향한 사고로 만들어진 본질이 의사결정에 큰 영향을 미친다는 것을 이해하고, 본질주의로부터 벗어날 수 있는 것이다.

의인화(Anthropomorphism) 역시 범주 제한적 사고를 촉진한다(Opfer *et al.*, 2012). 의인화란 인간이 아닌 사물이나 동물을 인간화시키려는 성향이다. 인간이 아닌 다른 생물이나 또는 사물이 인간과 차별적인 속성을 지녔음에도 인간과 동일한 범주라 생각하는 것이다. 심리학적 본질주의와 고정관념과 더불어 범주 제한적 사고를 조장하는 인지편향이 네 번째 인지편향인 외집단 동질성 편향(out-group homogeneity bias)이다(Mullen & Hu, 1989). 외집단 동질성 편향은 자신이 속한 집단이 아닌 다른 집단을 바라볼 때 모두 비슷해 보이는 현상을 말한다. 예를 들어서 우리가 인종적으로 다른 집단을 볼 때 모두 비슷해 보이고, 서양 사람들도 아시아 사람들의 국가를 잘 구분하지 못하는 것이 이 인지편향과 관련이 있다(Mullen & Hu, 1989). 우리는 자신의 전공 이외에 다른 전공을 볼 때 세부 전공들을 구분하지 못하고 다 비슷하다고 생각한다. 예를 들어 교육학 내에도 상당히 많은 전공영역이 있으며, 물리교육, 화학교육이라는 전공이 따로 있다는 것을 다른 전공자에게 이야기하면 쉽게 이해하지 못한다. 마찬가지로 기계공학 비전공자의 생각에는 기계공학전공은 모두 기계와 관련된 비슷한 연구들을 하는 것으로 생각되지만 실제 해당 연구들을 살펴보면 상당히 다양한 세부전공들이 있다. 중요한 것은 이와 같은 범주 제한적 사고로 인하여 학생들은 다양성을 이해하지 못하게 한다

는 것이다. 예를 들어서 학생들이 과학자들이 직업적으로 큰 매력이 없다고 느낀다면 그것은 분명 자신이 규정한 ‘과학’ 분야의 본질을 가지고 있으며, 그것에서 벗어나지 못하고 있기 때문일 것이다. 과학 분야는 매우 넓으며, 관련 직업은 수천 개가 넘을 것이다. 모든 직업군이 직업적으로 매력이 없진 않을 것이다. 과학 분야의 다양성을 모르고 ‘과학’이라는 영역의 본질을 재미없음이라 규정한다면 모든 과학은 재미없다고 판단할 것이다.

6. 인지편향을 줄일 수 있는 교수방법

이 절에서는 문헌연구를 통해 확인한 인지편향을 줄일 수 있는 교수방법에 대하여 논의한다. 인지편향을 줄일 수 있는 방법에 대해서 먼저 과학철학의 문헌을 토대로 논의한다. 과학철학에서 특히 Francis Bacon의 4가지 이상과 René Descartes의 방법적 회의에서 탈인지편향과 관련된 시사점을 찾을 수 있다. Walton(1999)은 Bacon이 과학적 방법론에서 합당하지 못한 지식을 생성하는 근본 이유에 대해 이야기 한 4가지 이상에서 인간의 편향을 찾을 수 있다고 하였다. 서론에서 언급한 종족의 이상부터 동굴, 시장, 극장의 이상들이다. 종족의 이상은 인간이 가지고 있는 감각적 능력의 불완전성, 이성의 한계 및 감정에 대해 자유롭지 않은 인간 본연의 문제를 강조한다. 선택적 지각, 가용성 편향, 확증편향 등 다양한 인지편향이 우리가 가지고 있는 정신적 능력의 한계로부터 오는 것과 관련이 있다. 동굴의 이상에서 개인의 신념, 주관 등이 합리적인 판단을 방해하는 것도 신념 편향, 실험자 편향 등과 관련이 있다. 극장의 이상의 경우에는 학문의 권위에 눌러 자신의 의견을 피력하지 않고 학문의 논리에 억지로 맞추는 권위에 호소하는 인지편향과 관련이 있다(Walton, 1999). Bacon의 이상과 마찬가지로 합리적인 의심을 강조한 Descartes의 방법적 회의 역시 인지편향을 조절하는데 활용할 수 있는 이론적 근거가 될 수 있다. Descartes 역시 회의로 사물에 대한 올바른 인식은 선입견의 제거 없이는 이루어질 수 없다고 하였다. 참으로 검증된 것 이외에는 전적으로 신뢰하지 말 것을 강조하고, 속단과 편견을 버리라고 강조하였다(Walton, 1999). 이와 같은 생각은 선택적 지각, 실험자 편향, 확증편향, 신념편향, 틀 효과 등 많은 인지편향과 관련이 깊다. 또한 신증을 기하여 판단하는 것은 Kahneman이 강조한 천천히 생각하는 방법과 일맥상통한다.

두 번째는 Kahneman(2013)의 저술에서 탈인지편향의 전략을 확인할 수 있다. 먼저 그가 강조한 System 1과 2의 차이에서 탈인지편향을 이해할 수 있다. 인지편향적 사고인 System 1은 빠르고, 자동반사적이며, 감정적이고, 고정 관념적이며, 잠재의식적인 판단이라고 하였다. 반면에 System 2는 느리고, 노력을 동반하며, 합리적이고, 계산적이며 의식적인 판단이다. 여기에서 주목할 것이 시간과 노력이다. 결국 반성적인 사고를 위해서는 시간과 인지적 노력이 동반되어야 한다는 것이다. 서론에서 설명한 바와 같이 인지편향적인 사고의 근원은 인지적 능력의 한계와 빠른 추론을 선호하는 성향 때문이다. 느린 판단과 노력을 동반한다면 부족한 인지적 능력을 보충할 수 있다. 작업 기억이 한계가 있다면 메모를 통하여 작업 기억을 보충할 수도 있을 것이다. 앞서 설명한 바와 같이 자신의 실수를 지속적으로 기억하려고 노력하거나, 자신이 선택한 답안의 이유를 미리 적어 놓으면 그 이후 정답을 확인하고 과잉확신과 사후확신편향이 줄어든다

는 연구도 인간이 인지적인 능력의 한계를 보충하면 인지편향을 극복할 수 있음을 보여주고 있다. Evans & Curtis-Holmes (2005)는 빨리 반응할 경우 신념편향이 높아진다고 보고하면서 느린 판단을 강조하였다. Evans(2010)은 인지편향을 줄이기 위해서 두 번 생각하는 습관의 중요성을 강조하였다. 또한 이런 관점에 시간이 상당히 제한적인 평가는 학생들의 빠른 판단을 강요하고, 그로 인하여 인지편향이 강화되는데 원인으로 작용할 수 있다.

세 번째는 하나의 학문영역으로 굳혀지고 있는 탈편향(Debiasing)에 관한 연구들에서 인지편향을 줄이는 방안을 생각해 낼 수 있다 (Morewedge *et al.*, 2015). Morewedge *et al.*(2015)는 합리적인 의사결정을 높이기 위한 탈편향의 일반적인 전략으로 보상을 하거나, 최상의 선택을 하도록 의사결정의 구조를 최적화 하거나, 훈련의 세 가지 방법을 제시하고 있다. 이 중에서 이 연구에서 소개한 과학교육과 관련된 인지편향과 관련된 것이 훈련의 방법이다. 이 중에서 주목할 만한 훈련 전략이 System 1, 2의 이론에 근거한 ‘반대의 경우 생각하기 (consider-the-opposite)’과 ‘대안을 고려하기(consider-an-alternative)’를 지속적으로 수행하는 것이다(Lilienfeld *et al.*, 2009; Milkman *et al.*, 2009). 또 다른 전략은 훈련자가 끊임없이 정보를 찾아보게 하는 훈련이다(Hirt & Markman, 1995). 합리적인 법칙이나 추론법과 같은 사고의 틀을 교육하는 것 역시 중요한 훈련법이 될 수 있다(Larrick & Soll, 2008). Morewedge *et al.*(2015)은 인지편향과 관련된 개인맞춤형의 피드백과 연습을 해줄 수 있게 하는 게임과 인지편향과 관련된 비디오 시청을 통한 중단 연구를 통해 두 가지 모두 의미 있게 탈편향효과를 보여주었다. 특히, 게임의 경우 수동적인 학습인 비디오 시청에 비하여 더 높은 효과를 보였다. 더욱이 이들의 연구에서 탈편향효과는 주제 특이적이지 않다고 강조하였다. 인지편향이 과학 교육의 상황에서 탈인지편향 교육이 되면 그 효과는 소비행위와 같은 경제적 판단, 의학적 의사결정 등 일상적인 상황에도 전이가 될 수 있다. 탈인지편향 훈련방법에서 확인할 수 있는 것은 탈인지편향에 관한 교육 전략들이 행동주의에 근거하여 발전했다는 것이다. 아마도 인지편향적 관점에서 학습자는 자기를 스스로 통제할 수 없는 대상으로 생각하고 있는 것이다. 최근의 과학교육은 구성주의에 근거하며, 학생들의 자발적 의지에 기반을 둔 교수법을 강조한다. 이와 같은 점에서 성인을 대상으로 진행되는 탈인지편향 훈련과 과학교육을 통한 탈인지편향 교육은 차별적이어야 할 것이다.

7. 과학교육을 통한 탈인지편향

인지편향을 줄일 수 있는 도움이 되는 과학수업 소재는 없는가? 먼저 현재까지 과학개념과 인지편향에 관한 몇 가지 연구에서 확인할 수 있다. 가장 많이 연구된 것이 진화개념이다. 돌연변이와 자연선택을 중심으로 한 진화 개념은 목적론적 설명, 심리학적 본질주의, 의인화와 깊은 관계를 가지고 있다. 많은 인지심리학자들(Deborah Kelemen, Andrew Shtulman, Tania Lombrozo, E. Margaret Evans, Susan Gelman, John Opfer 등)은 진화 개념을 통하여 인지편향을 줄일 수 있는 방안에 대해서 연구하고 있다. 형질의 발생은 무작위적이며, 비록 대부분의 형질들이 생존과 관련된 기능과 연관이 있지만 그럼에도 불구하고 상당히 많은 형질들이 생존과 관련이 없을 수도 있다. 하지만 형질과 생존의 관계를 필연적이라 믿는 착각적 상관이

학생들의 오개념에서 나타나고 있다. Kampourakis *et al.*(2012)가 강조한 바와 같이, 필요 없으면서도 존재하거나 필요하면서도 존재하지 않는 다양한 형질들을 학생들에게 제공하고 그것을 설명해 보게 함으로써 학생들은 목적과 현상과의 상관관계가 없음을 이해하고, 착각적 상관과 같은 인지편향을 줄일 수 있을 것이다.

다른 수업 전략은 대립되는 과학 이론을 활용하는 것이다. 예를 들어서 학생들은 원자의 모형의 설명에서 보어의 모형과 오비탈 모형의 두 가지 모형을 주로 사용한다(Lim & Jang, 2004). 학생들은 오비탈 모형이 아닌 보어 모형을 사용하여 설명하려고 하는 성향이 있다. 만약 그렇다면 그것은 가용성 편향과 관련이 깊다. 현상을 설명해야 될 때 먼저 활성화 되는 설명체계가 있는데 그 이유는 그 설명을 활성화 시키는데 인지부하가 상대적으로 적게 요구되기 때문이다. 보어 모형이 오비탈 모형에 비하여 활성화 시키는데 적은 인지부하를 일으키고 있는 것이다. 이와 같은 학생에게 교사는 끊임없이 왜 더 과학적인 설명 체계를 두고 상대적으로 덜 과학적인 설명을 했는지에 대해서 반복해서 물어야 한다. 편리함과 무의식적 판단으로 인하여 가용성이 높은 설명체계를 지속적으로 사용하다 보면 발전된 개념체계로 이동하기는 힘들 수 있다.

과학교육에서 탐구는 인지편향을 줄이는데 큰 역할을 할 수 있다. 특히 관찰의 이론 의존성과 관련이 높은 선택적 지각, 실험자의 기대(가설)와 관련된 실험자 편향, 확증편향, 주의 편향, 논리가 무시되더라도 신념에 맞으면 논리적이거나 믿는 신념편향 등은 반성적 탐구활동을 통해 극복할 수 있다. 특히 안내된 탐구에서 이미 답(실험의 결과)을 알고 실험을 수행하는 학생들은 알고 있는 답이 옳을 것이라는 전제에서 제한적인 것들만 관찰하고 자신이 알고 있는 답에 맞춰 결과를 해석하려고 할 것이다. 교사는 그런 학생들에게 질문을 통하여 답에 맞춰서 관찰을 하거나 해석을 하는 것이 타당하지 않음을 인지시켜야 할 것이다. 또한 학생들에게 불일치적인 상황, 실패한 실험결과 등을 경험하도록 하여 인지적 갈등을 유지시켜야 할 것이다.

최근의 과학교육에서 의사결정의 중요성이 강조되고 있다. 특히 최근의 과학교육은 개인적인 탐구보다 집단으로 수행하는 탐구를 강조한다. 융합과학이 강조되면서 집단 사고가 과학교육에서 강조되고 있는데, 개인의 의견을 피력하지 않고 집단의 의견에 따라 가는 동조효과, 편승효과, 집단사고와 같은 인지편향이 집단 탐구에서 어떤 작용을 하는지 살펴야 한다. 과학지식은 권위에 의존하고 있는 경우가 상당히 많다. 과학 지식이 단순히 믿고 의심 없이 무감각하게 받아들이는 태도를 학생들이 가지고 있는지 확인할 필요가 있다.

과학학습에서 강조하고 있는 것이 자기 주도적 학습이다. 과학학습이 자기 주도적으로 이루어지기 위해서는 경험에서 얻은 선개념과 과학수업에서 얻은 과학적 개념 사이의 갈등을 스스로 조절할 수 있어야 한다. 특히 그 동안의 오개념 연구에서 알 수 있듯이 학생들은 과학적 개념이 아닌 오개념을 가지고 있으면서도 마치 자신이 과학적 지식을 알고 있다고 믿고, 그것을 바탕으로 의사 결정하는 경우가 있다(Ha & Lee, 2014; Ha *et al.*, 2012). 과학교육에서 과도한 자신감 편향, 우월성 편향, 계획 오류, 더닝-크루거 효과, 사후확신편향 등 자신의 능력을 과대평가할 수 있는 다양한 인지편향을 교정하는 수업을 계획하기 용이하다.

최근 과학교육에서 중요한 연구 주제였던 논증 역시 인지편향을 줄이는데 큰 효과를 발휘할 수 있다. 논증이란 증거를 토대로 합리적

인 주장을 찾아가는 과정이다. Nussbaum(2011)은 일상에서 상대방의 주장을 다시 한 번 확인할 수 있는 다양한 일상적 화법을 소개하였다. 왜, 그래서 뭐?, 왜 중요한데?, 그걸 어떻게 알아?, 반론은 없어? 등과 같이 상대방의 주장을 다시 한 번 확인하고 의심함으로써 즉흥적인 판단으로 수용하는 것이 아닌 시간을 두 번 더 가지면서 System2를 사용함으로써 인지편향을 줄일 수 있다. 마지막으로 과학교육에서 주목받고 있는 집단지성 역시 인지편향을 줄이는데 활용할 수 있다(Lee *et al.*, 2014; 2015). 편향맹점에서 확인할 수 있듯이 자신의 비합리성에 대해서는 쉽게 인지하지 못하나 다른 사람의 비합리성은 보다 쉽게 인지할 수 있다. 집단지성적 관점에서 다른 학습자가 제시하는 논리의 비합리성에 대해서 서로 지적해주는 방법은 방법으로 Kahneman(2013)이 강조한 천천히 두 번 생각하도록 하는 System 2를 활성화 시킬 수 있을 것이다.

IV. 결론 및 제언

과학교육학습의 중요한 교육적 목표는 과학적 지식과 탐구 기능을 토대로 합리적, 진취적, 융합적, 자기반성적인 인재를 양성하는 것이고 과학 학습자는 객관적인 정보를 바탕으로 합당한 논리에 근거하여 추론하고, 편협하지 않은 지식을 생성할 수 있어야 한다. 이와 같은 합리적인 문제해결을 방해하는 심리학적 요인인 인지편향은 생득적으로 형성되어 교정하지 않으면 평생 유지될 수 있는 사고 습관이다. 이 연구는 우리나라 교육과정에 명시된 과학핵심역량과 관련된 인지편향의 요소들이 어떤 것이 있는지 조사하고 관련 연구들을 정리하였다. 문헌조사를 주된 연구 방법으로 하여 인지편향이 어떻게 과학학습을 저해할 수 있는지 과학교육전문가와의 토론의 결과를 함께 제시하였다. 그 결과 합리적 인과관계추론을 방해하는 인지편향, 다양한 정보와 결론 생성을 방해하는 인지편향, 자기반성적 학습을 방해하는 인지편향, 자기 주도적 의사결정을 방해하는 인지편향, 범주 제한적 사고를 조장하는 인지편향의 다섯 가지로 분류하였고, 총 29개의 인지편향들을 조사하였다.

합리적 인과관계추론의 방해하는 인지편향은 목적론적 사고, 가용성 편향, 착각적 상관, 클러스터 착각이었다. 문제해결에서 다양한 정보의 탐색을 방해하는 인지편향은 선택적 지각, 실험자 편향, 확증 편향, 단순 사고 효과, 주의 편향, 신념편향, 실용 오류, 기능적 고착, 틀 효과가 있었다. 자기반성적 학습을 방해하는 인지편향은 과도한 자신감 편향, 우월성 편향, 계획 오류, 기본적 귀인 오류, 더닝-크루거 효과, 사후확신편향, 맹점편향을 확인하였다. 자기 주도적 의사결정을 방해하는 인지편향은 동조효과, 편승효과, 집단사고, 권위에 호소, 정보편향이 있다. 마지막으로 범주 제한적 사고를 조장하는 인지편향으로는 심리학적 본질주의, 고정관념, 의인화, 외집단 동질성 편향이 있었다.

인지편향을 줄일 수 있는 교수방법은 Francis Bacon의 4가지 이상과 René Descartes의 방법적 회의와 같은 과학철학에서 시사점을 찾을 수 있다. 또한 Kahneman(2013)이 강조한 System 2의 속성, 즉 느리고, 노력을 동반하며, 합리적이고, 계산적이며 의식적인 판단을 통한 의사결정을 통하여 인지편향을 줄일 수 있다. 탈편향(Debiasing)에 관한 연구들에서 제시한 다양한 탈인지편향 훈련전략들도 활용할 수 있을 것이다.

마지막으로 과학교육은 인지편향을 줄일 수 있는 효율적인 교과이다. 진화 개념 교육을 통해서 목적론적 설명, 심리학적 본질주의, 의인화 등을 극복할 수 있을 것이며, 불일치 상황에 대한 설명을 형성함으로써 착각적 상관과 같은 인지편향을 줄일 수 있다. 탐구, 특히 가설 기반의 관찰이 중심이 되는 실험에서는 선택적 지각, 실험자의 기대(가설)와 관련된 실험자 편향, 확증편향, 주의 편향, 논리가 무시되더라도 신념에 맞으면 논리적이라 믿는 신념편향 등을 교정하도록 수업을 운영할 수 있을 것이다. 의사결정과 쟁점 중심의 과학수업을 통하여 동조효과, 편승효과, 집단사고를 막고 권위에 의존하는 편향도 줄일 수 있도록 교육할 수 있다. 과학교육의 평가를 활용하여 과도한 자신감 편향, 우월성 편향, 계획 오류, 더닝-크로거 효과, 사후확신편향 등 자신의 능력을 과대평가할 수 있는 다양한 인지편향을 교정하는 수업도 계획할 수 있다.

이 연구를 시작으로 앞으로 진행되어야 하는 인지편향 관련 과학교육 연구에 대해서 제안한다. 먼저 학습자의 인지편향의 수준을 확인할 수 있는 평가도구 개발이 있어야 할 것이다. 과학교육의 다양한 상황을 토대로 학습자가 어떤 인지편향을 강하게 가지고 있는지 확인함으로써 과학교육을 통해 인지편향을 줄이는 수업을 제공하는데 효율적인 것이다. 그 동안 경제학, 심리학 등에서 일부 개발된 인지편향 관련 측정도구는 좋은 시작점이 될 수 있다. 두 번째는 인지편향을 교정할 수 있는 수업개발이다. 개발될 수 있는 수업은 인지편향을 중점적으로 줄여주는 독립된 탈편향 수업일 수 있으며, 수업 중에 학생들에게 인지적 갈등을 일으키면서 학생들이 지속적으로 인지편향에 관한 자극을 받도록 하는 기존 수업을 변형한 형태가 될 수 있다. 예를 들어서 안내된 탐구수업에서 학생들이 확증편향의 영향으로 자신의 생각에 부합하는 증거만 수집하려고 할 경우 교사는 적극적으로 그런 학생들을 지적하고 다양한 관찰을 할 수 있도록 지도한다. 이와 같은 수업은 인지편향을 줄이기 위해 특별히 고안된 수업은 아니지만 수업의 과정 속에서 인지편향을 줄일 수 있을 것이다. 개념변화이론에서 강조하는 것은 새로운 개념과 기존 개념 간의 갈등과 불일치 상황의 경험이다. 인지편향들은 인간의 인지 속에 내재된 매우 뿌리 깊은 사고의 습관이다. 뿌리 깊은 사고의 습관을 고치기 위해서는 지속적인 인지 갈등이 있어야 할 것이다. 인지편향적 사고로 해결되지 않는 다양한 문제를 접하고, 불일치 상황을 경험하면 탈인지편향은 이루어질 수 있다. 인지편향들이 제거되면 합리적이고 타당한 논리적 사고체계는 효율적으로 정착할 수 있을 것이고 학생들이 우리나라 교육과정에서 강조하는 합리적이고 자기 조절적인 문제해결자로 성장할 수 있을 것이다.

국문요약

이 연구의 목적은 과학교육과 관련된 인지편향을 확인하고 과학교육을 통하여 인지편향을 줄일 수 있는 방법을 확인하기 위하여 계획되었다. 문헌조사를 통하여 연구되어진 인지편향을 수집하였고, 과학 학습의 관련성이 높은 인지편향을 과학교육전문가와의 토론을 통하여 추출하였다. 연구 결과 합리적 인과관계추론을 방해하는 인지편향, 다양한 정보와 결론 생성을 방해하는 인지편향, 자기반성적 학습을 방해하는 인지편향, 자기 주도적 의사결정을 방해하는 인지편향, 범주 제한적 사고를 조장하는 인지편향의 다섯 가지로 분류하였고, 총

29개의 인지편향들을 조사하였다. 합리적 인과관계추론의 방해하는 인지편향은 목적론적 사고, 가용성 편향, 착각적 상관, 클러스터 착각이었다. 문제해결에서 다양한 정보의 탐색을 방해하는 인지편향은 선택적 지각, 실험자 편향, 확증편향, 단순 사고 효과, 주의 편향, 신념 편향, 실용 오류, 기능적 고착, 틀 효과가 있었다. 자기반성적 학습을 방해하는 인지편향은 과도한 자신감 편향, 우월성 편향, 계획 오류, 기본적 귀인 오류, 더닝-크로거 효과, 사후확신편향, 맹점편향을 확인하였다. 자기 주도적 의사결정을 방해하는 인지편향은 동조효과, 편승효과, 집단사고, 권위에 호소, 정보편향이 있다. 마지막으로 범주 제한적 사고를 조장하는 인지편향으로는 심리학적 본질주의, 고정관념, 의인화, 외집단 동질성 편향이 있었다. 연구된 인지편향에 대한 심리학적 특징들과 과학교수 학습방법들을 토대로 인지편향을 줄이고 역량을 향상시킬 수 있는 수업 방법에 대해서 논의한다.

주제어 : 과학교육, 인지편향, 의사결정, 과학철학, 인지심리학

References

- Ajzen, I., Brown, T. C., & Rosenthal, L. H. (1996). Information bias in contingent valuation: effects of personal relevance, quality of information, and motivational orientation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 30(1), 43-57.
- Alicke, M. D., Klotz, M. L., Breitenbecher, D. L., Yurak, T. J., & Vredenburg, D. S. (1995). Personal contact, individuation, and the better-than-average effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 68(5), 804-825.
- Amodio, D. M., & Devine, P. G. (2006). Stereotyping and evaluation in implicit race bias: evidence for independent constructs and unique effects on behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 91(4), 652-661.
- Barber, T. X., Forgione, A., Chaves, J. F., Calverley, D. S., McPEAKE, J. D., & Bowen, B. (1969). Five attempts to replicate the experimenter bias effect. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 33(1), 1-6.
- Bartov, H. (1978). Can student be taught to distinguish between teleological and causal explanations? *Journal of Research in Science Teaching*, 15(6), 567-572.
- Berner, E. S., & Graber, M. L. (2008). Overconfidence as a cause of diagnostic error in medicine. *The American Journal of Medicine*, 121(5), S2-S23.
- Buehler, R., Griffin, D., & Ross, M. (1994). Exploring the "planning fallacy": Why people underestimate their task completion times. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67(3), 366-381.
- Chapman, L. J., & Chapman, J. P. (1969). Illusory correlation as an obstacle to the use of valid psychodiagnostic signs. *Journal of Abnormal Psychology*, 74(3), 271.
- Chi, M. T. H. (2006). Two approaches to the study of experts' characteristics. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich, & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 21-30). New York: Cambridge University Press.
- Clarkson, J. J., Tormala, Z. L., & Leone, C. (2011). A self-validation perspective on the mere thought effect. *Journal of Experimental Social Psychology*, 47(2), 449-454.
- Cooper, D. (2003). Psychology, risk and safety. *Professional Safety*, 48(11), 39-46.
- Emmons, N. A., & Kelemen, D. A. (2015). Young children's acceptance of within-species variation: Implications for essentialism and teaching evolution. *Journal of Experimental Child Psychology*, 139, 148-160.
- Evans, J. S. B. T. (2010). *Thinking twice: Two minds in one brain*. Oxford: Oxford University Press.
- Evans, J. S. B., & Curtis-Holmes, J. (2005). Rapid responding increases belief bias: Evidence for the dual-process theory of reasoning. *Thinking & Reasoning*, 11(4), 382-389.
- Fischhoff, B., & Beyth, R. (1975). I knew it would happen: Remembered probabilities of once-future things. *Organizational Behavior and Human Performance*, 13(1), 1-16.
- Forgas, J. P. (1998). On being happy and mistaken: mood effects on the fundamental attribution error. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(2), 318-331.

- Garrett, J. W., & Teizer, J. (2009). Human factors analysis classification system relating to human error awareness taxonomy in construction safety. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(8), 754-763.
- Gelman, S. A. (2004). Psychological essentialism in children. *Trends in cognitive sciences*, 8(9), 404-409.
- Gigerenzer, G. (1996). "On narrow norms and vague heuristics: A reply to Kahneman and Tversky (1996)". *Psychological Review*, 103(3), 592-596.
- Goodwin, J. (2011). Accounting for the Appeal to the Authority of Experts. *Argumentation*, 25(3), 285-296.
- Gotthelf, A. (1976). Aristotle's conception of final causality. *Review of Metaphysics*, 30, 226-254.
- Ha, M., & Lee, J. K. (2014). Over-efficacy in problem solving and overconfidence of knowledge on photosynthesis: A study of comparison between multiple-choice and supply-type test formats. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(1), 1-9.
- Ha, M., Haury, D. L., & Nehm, R. H. (2012). Feeling of certainty: Uncovering a missing link between knowledge and acceptance of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 95-121.
- Hamilton, D. L., & Gifford, R. K. (1976). Illusory correlation in interpersonal perception: A cognitive basis of stereotypic judgments. *Journal of Experimental Social Psychology*, 12(4), 392-407.
- Haselton, M.G., Nettle, D. & Andrews, P.W. (2005). The evolution of cognitive bias. In D. M. Buss (Ed.), *Handbook of Evolutionary Psychology*, (pp. 724-746). Hoboken: Wiley.
- Haslam, N., Rothschild, L., & Ernst, D. (2000). Essentialist beliefs about social categories. *British Journal of Social Psychology*, 39(1), 113-127.
- Hernandez, I., & Preston, J. L. (2013). Disfluency disrupts the confirmation bias. *Journal of Experimental Social Psychology*, 49(1), 178-182.
- Hirt, E. R., & Markman, K. D. (1995). Multiple explanation: A consider-an-alternative strategy for debiasing judgments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69(6), 1069-1086.
- Hodgson, G. M. (2004). Darwinism, causality and the social sciences. *Journal of Economic Methodology*, 11(2), 175-194.
- Janis, I. L. (1971). Groupthink. *Psychology Today*, 5(6), 43-46.
- Jonas, E., Schulz-Hardt, S., Frey, D., & Thelen, N. (2001). Confirmation bias in sequential information search after preliminary decisions: an expansion of dissonance theoretical research on selective exposure to information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80(4), 557-571.
- Jungwirth, E. (1975). The problem of teleology in biology as a problem of biology-teacher education. *Journal of Biological Education*, 9(6), 243-246.
- Kahneman D., Slovic P., and Tversky, A. (Eds.) (1982) *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases*. New York: Cambridge University Press.
- Kahneman, D. (2013). *Thinking, fast and slow*. NY: Farrar, Straus and Giroux.
- Kampourakis, K., Palaokrassa, E., Papadopoulou, M., Pavlidi, V., & Argyropoulou, M. (2012). Children's Intuitive teleology: Shifting the focus of evolution education research. *Evolution: Education and Outreach*, 5(2), 279-291.
- Kelemen, D. (2012). Teleological minds: How natural intuitions about agency and purpose influence learning about evolution. In K. S. Rosengren, S. Brem, E. M. Evans, & G. Sinatra (Eds.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution* (pp. 66-92). Oxford: University Press.
- Kelemen, D., & DiYanni, C. (2005). Intuitions about origins: Purpose and intelligent design in children's reasoning about nature. *Journal of Cognition and Development*, 6(1), 3-31.
- Kelemen, D., & Rosset, E. (2009). The human function compunction: Teleological explanation in adults. *Cognition*, 111(1), 138-143.
- Kelemen, D., Callanan, M. A., Casler, K., & Pérez-Granados, D. R. (2005). Why things happen: teleological explanation in parent-child conversations. *Developmental Psychology*, 41(1), 251-264.
- Kelemen, D., Rottman, J., & Seston, R. (2013). Professional physical scientists display tenacious teleological tendencies: Purpose-based reasoning as a cognitive default. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(4), 1074-1083.
- Khalidi, M. A. (2013) *Natural Categories and Human Kinds: Classification in the Natural and Social Sciences* (2nd edition). Chicago: University of Chicago Press.
- Kim, S. H. (2009). Effect of self-evaluation to identify causes of wrong answers on achievement. *Journal of Educational Evaluation*, 22(1), 29-56.
- Koriat, A., Lichtenstein, S., & Fischhoff, B. (1980). Reasons for confidence. *Journal of Experimental Psychology: Human learning and memory*, 6(2), 1071-118.
- Larrick, R. P., & Soll, J. B. (2008). The MPG Illusion. *Science*, 320(5883), 1593-1594.
- Lee, H., Choi, Y., & Ko, Y. (2014). Designing collective intelligence-based instructional models for teaching socioscientific issues. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(6), 523-534.
- Lee, H., Choi, Y., & Ko, Y. (2015). Effects of collective intelligence-based SSI instruction on promoting middle school students' key competencies as citizens. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(3), 431-442.
- Lavie, N., Hirst, A., De Fockert, J. W., & Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(3), 339-354.
- Leyens, J. P., Cortes, B., Demoulin, S., Dovidio, J. F., Fiske, S. T., Gaunt, R., et al. (2003). Emotional prejudice, essentialism, and nationalism The 2002 Tajfel Lecture. *European Journal of Social Psychology*, 33(6), 703-717.
- Leyens, J. P., Rodriguez-Perez, A., Rodriguez-Torres, R., Gaunt, R., Paladino, M. P., Vaes, J., & Demoulin, S. (2001). Psychological essentialism and the differential attribution of uniquely human emotions to ingroups and outgroups. *European Journal of Social Psychology*, 31(4), 395-411.
- Lilienfeld, S. O., Ammirati, R., & Landfield, K. (2009). Giving debiasing away: Can psychological research on correcting cognitive errors promote human welfare?. *Perspectives on Psychological Science*, 4, 390-398.
- Lim, H. & Jang, S. (2004). Science high school students' understanding of orbitals and atomic model. *The Journal of Yeolin Education*, 12(2), 261-274.
- Lombrozo, T., Kelemen, D., & Zaitchik, D. (2007). Inferring design evidence of a preference for teleological explanations in patients with Alzheimer's Disease. *Psychological Science*, 18(11), 999-1006.
- Mahalingam, R., & Leu, J. (2005). Culture, essentialism, immigration and representations of gender. *Theory & Psychology*, 15(6), 839-860.
- Markovits, H., & Nantel, G. (1989). The belief-bias effect in the production and evaluation of logical conclusions. *Memory & Cognition*, 17(1), 11-17.
- Marsh, D. M., & Hanlon, T. J. (2007). Seeing what we want to see: Confirmation bias in animal behavior research. *Ethology*, 113(11), 1089-1098.
- McKenzie, C. R. (2006). Increased sensitivity to differentially diagnostic answers using familiar materials: Implications for confirmation bias. *Memory & Cognition*, 34(3), 577-588.
- Meisenberg, G., & Williams, A. (2008). Are acquiescent and extreme response styles related to low intelligence and education?. *Personality and Individual Differences*, 44(7), 1539-1550.
- Milkman, K. L., Chugh, D., & Bazerman, M. H. (2009). How can decision making be improved?. *Perspectives on Psychological Science*, 4, 379-383.
- Ministry of Education (2015). *General introduction of elementary and secondary curriculum*. Seoul, Ministry of Education.
- Morewedge, C. K., Yoon, H., Scopelliti, I., Symborski, C. W., Korris, J. H., & Kassam, K. S. (2015). Debiasing decisions improved decision making with a single training intervention. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 2(1), 129-140.
- Mullen, B., & Hu, L. T. (1989). Perceptions of ingroup and outgroup variability: A meta-analytic integration. *Basic and Applied Social Psychology*, 10(3), 233-252.
- Nadeau, R., Cloutier, E., & Guay, J. H. (1993). New evidence about the existence of a bandwagon effect in the opinion formation process. *International Political Science Review*, 14(2), 203-213.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington DC: The National Academies Press.
- Nehm, R. H., & Ha, M. (2011). Item feature effects in evolution assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(3), 237-256.
- Nussbaum, E. M. (2011). Argumentation, dialogue theory, and probability modeling: Alternative frameworks for argumentation research in education. *Educational Psychologist*, 46(2), 84-106.
- O'Brien, B. (2009). Prime suspect: An examination of factors that aggravate and counteract confirmation bias in criminal investigations. *Psychology, Public Policy, and Law*, 15(4), 315-334.
- Opfer, J. E., Nehm, R. H., & Ha, M. (2012). Cognitive foundations for science assessment design: knowing what students know about evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(6), 744-777.
- Pehrson, S., Brown, R., & Zagefka, H. (2009). When does national identification lead to the rejection of immigrants? Cross-sectional and longitudinal evidence for the role of essentialist in-group definitions. *British Journal of Social Psychology*, 48(1), 61-76.

- Pines, J. M. (2006). Profiles in patient safety: confirmation bias in emergency medicine. *Academic Emergency Medicine*, 13(1), 90-94.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Pronin, E., Lin, D. Y., & Ross, L. (2002). The bias blind spot: Perceptions of bias in self versus others. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 28(3), 369-381.
- Rassin, E., Eerland, A., & Kuijpers, I. (2010). Let's find the evidence: An analogue study of confirmation bias in criminal investigations. *Journal of Investigative Psychology and Offender Profiling*, 7(3), 231-246.
- Sá, W. C., West, R. F., & Stanovich, K. E. (1999). The domain specificity and generality of belief bias: Searching for a generalizable critical thinking skill. *Journal of Educational Psychology*, 91, 497-510.
- Schlösser, T., Dunning, D., Johnson, K. L., & Kruger, J. (2013). How unaware are the unskilled? Empirical tests of the "signal extraction" counterexplanation for the Dunning-Kruger effect in self-evaluation of performance. *Journal of Economic Psychology*, 39, 85-100.
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36(1-2), 111-139.
- Schwarz, N., Bless, H., Strack, F., Klumpp, G., Rittenauer-Schatka, H., & Simons, A. (1991). Ease of retrieval as information: Another look at the availability heuristic. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61(2), 195.
- Schwind, C., Buder, J., Cress, U., & Hesse, F. W. (2012). Preference-inconsistent recommendations: An effective approach for reducing confirmation bias and stimulating divergent thinking?. *Computers & Education*, 58(2), 787-796.
- Shtulman, A., & Schulz, L. (2008). The relation between essentialist beliefs and evolutionary reasoning. *Cognitive Science*, 32(6), 1049-1062.
- Simmons, R. E., & Altwegg, R. (2010). Necks-for-sex or competing browsers? A critique of ideas on the evolution of giraffe. *Journal of Zoology*, 282(1), 6-12.
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *The Quarterly Journal of Economics*, 69(1), 99-118.
- Sinatra, G. M., Brem, S. K., & Evans, E. M. (2008). Changing minds? Implications of conceptual change for teaching and learning about biological evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1(2), 189-195.
- Tesser, A. (1978). Self-generated attitude change. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology*, vol. 11. (pp. 289-338) New York: Academic Press.
- Tetlock, P. E. (1985). Accountability: A social check on the fundamental attribution error. *Social Psychology Quarterly*, 48(3), 227-236.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1973). Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, 5(2), 207-232.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1985). The framing of decisions and the psychology of choice. In *Environmental Impact Assessment, Technology Assessment, and Risk Analysis* (pp. 107-129). Springer Berlin Heidelberg.
- Van Bockstaele, B., Verschuere, B., Tibboel, H., De Houwer, J., Crombez, G., & Koster, E. H. (2014). A review of current evidence for the causal impact of attentional bias on fear and anxiety. *Psychological Bulletin*, 140(3), 682-721.
- Vaughn, L. A. (1999). Effects of uncertainty on use of the availability heuristic for self-efficacy judgments. *European Journal of Social Psychology*, 29, 407-410.
- Vonk, R. (1999). Effects of outcome dependency on correspondence bias. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 25(3), 382-389.
- Walton, D. (1999). Francis Bacon: Human Bias and the Four Idols. *Argumentation*, 13(4), 385-389.
- Walton, D. N. (1994). Begging the question as a pragmatic fallacy. *Synthese*, 100(1), 95-131.
- Wang, X. T., Simons, F., & Bredart, S. (2001). Social cues and verbal framing in risky choice. *Journal of Behavioral Decision Making*, 14(1), 1-15.
- Ware, E. A., & Gelman, S. A. (2014). You get what you need: An examination of purpose-based inheritance reasoning in undergraduates, preschoolers, and biological experts. *Cognitive Science*, 38(2), 197-243.
- Wheeler, P. R., & Arunachalam, V. (2008). The effects of decision aid design on the information search strategies and confirmation bias of tax professionals. *Behavioral Research in Accounting*, 20(1), 131-145.
- Winman, A., Hansson, P., & Juslin, P. (2004). Subjective probability intervals: how to reduce overconfidence by interval evaluation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(6), 1167-1175.